CHapitre 7- Activité documentaire 4-
Accélération et mouvement circulaire

Le lancer du marteau est une discipline d'origine celte consistant à lancer le plus loin possible un boulet en acier de 16 livres anglaises (7,257 kg). Pour cela, le sportif le fait touner, puis le lâche.

I. Documents mis à disposition :

Document 1 : Méthode de tracé d'un vecteur accélération

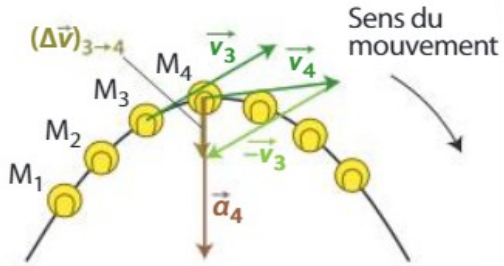
Le vecteur accélération instantanée $\overrightarrow{a_{i+1}}$ à la position M_{i+1} est considéré comme égal au vecteur accélération moyenne entre les positions M_i et M_{i+1} séparées par un intervalle de temps Δt très petit :

$$\overrightarrow{a_{i+1}} = \frac{\Delta \overrightarrow{v_{i \to i+1}}}{t_{i+1} - t_i} = \frac{\Delta \overrightarrow{v_{i \to i+1}}}{\Delta t} = \frac{\overrightarrow{v_{i+1}} - \vec{v}_i}{\Delta t}$$

avec Δt l'intervalle de temps entre deux images successives.

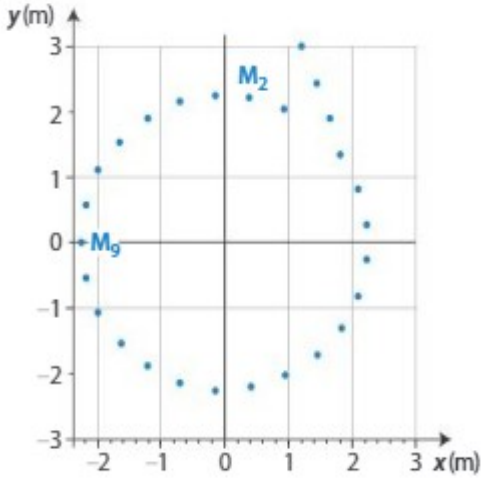
Point méthode :

- en tenant compte de l'éventuelle échelle des distances, calculer la norme (valeur) du vecteur vitesse instantanée au point M_i : $v_i = \frac{M_i M_{i+1}}{\Delta t}$;
- en tenant compte de l'échelle des vitesses fournie où à proposer, déterminer la longueur du vecteur vitesse instantanée $\vec{v}_i$;
- tracer en pointillés le segment reliant les points M_{i-1} et M_{i+1} : le vecteur vitesse instantanée $\vec{v}_i$ se trace à partir du point M_i, parallèlement au segment M_{i-1} M_{i+1} de façon à être parfaitement tangent à la trajectoire au point M_i, et dans le sens du mouvement.
- procéder de la même façon pour tracer le vecteur vitesse instantanée $\overrightarrow{v_{i+1}}$ au point M_{i+1}.
- construire au point M_{i+1}, le vecteur variation de vitesse $\Delta \overrightarrow{v_{i \to i+1}} = \overrightarrow{v_{i+1}} - \vec{v}_i$;
- en déduire, grâce à l'échelle des vitesses, la norme (valeur) du vecteur variation de vitesse $\Delta \overrightarrow{v_{i \to i+1}}$ par mesure graphique.
- calculer la norme (valeur) de l'accélération instantanée $a_{i+1} = \frac{\Delta v_{i \to i+1}}{\Delta t}$.
- en tenant compte de l'échelle des accélérations fournie où à proposer, déterminer la longueur du vecteur accélération instantanée $\overrightarrow{a_{i+1}}$;
- le vecteur accélération instantanée $\overrightarrow{a_{i+1}}$ se trace à partir du point M_{i+1} sachant qu'il est colinéaire à $\Delta \overrightarrow{v_{i \to i+1}}$ et de même sens que ce dernier.



> Le vecteur variation de vitesse $(\Delta\vec{v})_{3\to4}$ et le vecteur accélération $\vec{a}_4$ ont même direction et même sens.

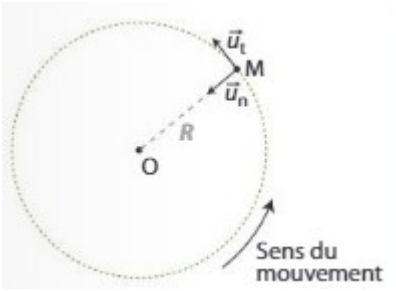
<u>Document 2</u> : Positions d'un boulet en phase d'élan



La durée entre deux positions successives est $\Delta t = 25\,\text{ms}$ sur la chronophotographie. Un agrandissement de cette chronophotographie est fournie en **annexe** de cette activité.

<u>Document 3</u> : Repère de Frenet

Un repère privilégié pour l'étude d'un mouvement circulaire est le repère de Frenet (M, $\vec{u}_t, \vec{u}_n$).



Il est défini par :

- une origine mobile liée au point M étudié ;
- un vecteur unitaire $\vec{u}_t$ tangent en M à la trajectoire et orienté dans le sens du mouvement ;
- un vecteur unitaire $\vec{u}_n$ perpendiculaire à $\vec{u}_t$ et orienté vers le centre de la trajectoire.

Dans le repère de Frenet pour un mouvement circulaire de rayon R :

- le vecteur vitesse $\vec{v}$ est tangent à la trajectoire donc $\vec{v} = v\,\vec{u}_t$
- le vecteur accélération $\vec{a}$ a pour expression $\vec{a} = a_t\,\vec{u}_t + a_n\,\vec{u}_n = \frac{dv}{dt}\,\vec{u}_t + \frac{v^2}{R}\,\vec{u}_n$ avec :

$a_t = \frac{dv}{dt}$ accélération tangentielle du système et $a_n = \frac{v^2}{R}$ accélération normale du système.

<u>II. Questions :</u>

1-Décrire le mouvement du boulet en phase d'élan dans le référentiel terrestre.

2-Construire, sur le document fourni en annexe, les vecteurs accélération $\vec{a}_9$ et $\vec{a}_{17}$ du boulet en M_9 et M_{17}.

Echelle de représentation utilisée pour les vitesses : 1 cm <=> 10 m.s^{-1}.

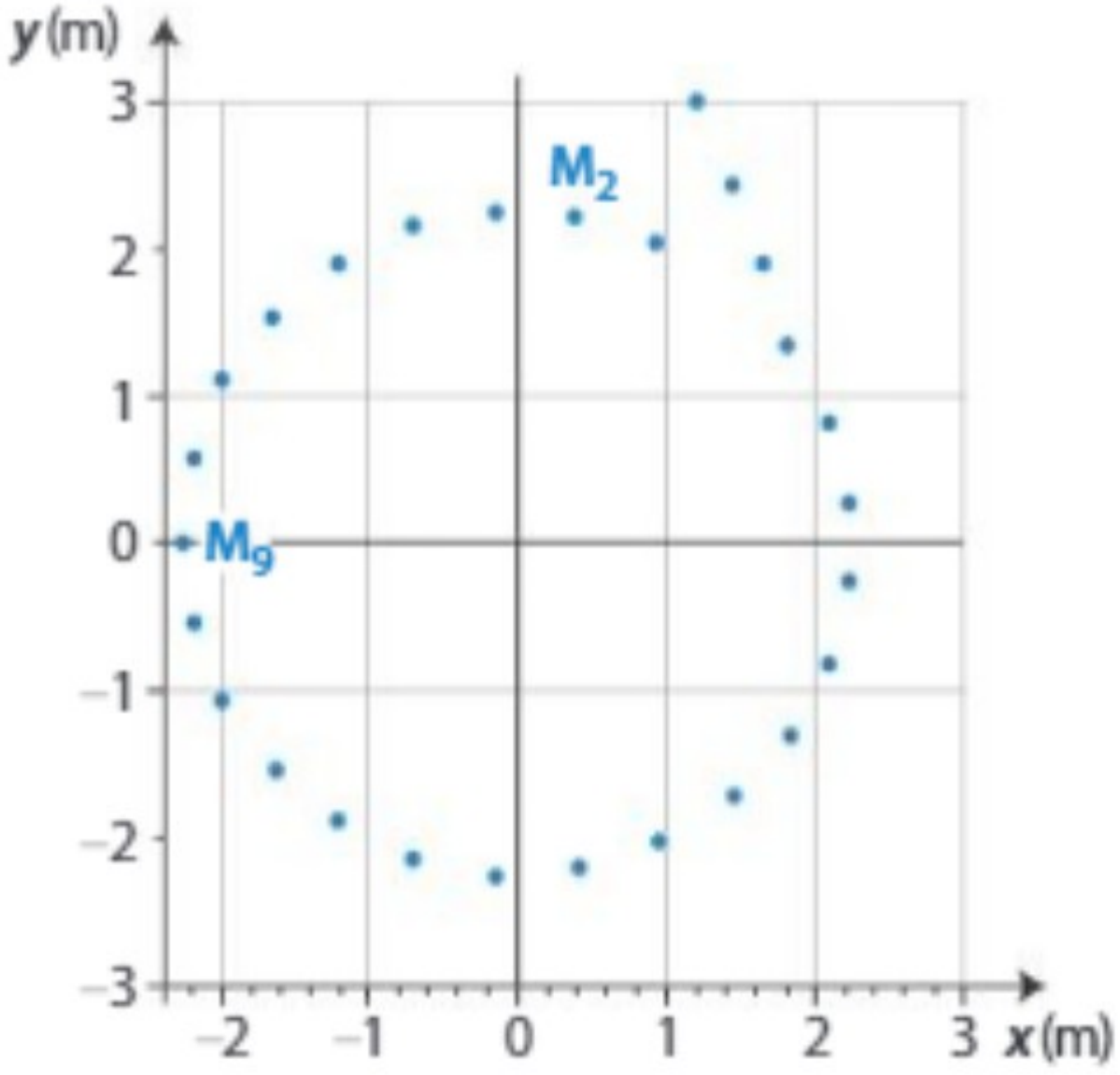
Echelle de représentation utilisée pour les accélérations : 1 cm <=> 100 m.s^{-2}.

3-En déduire les coordonnées a_t et a_n du vecteur accélération dans le repère de Frenet en M_9 et M_{17}.

4-Montrer que ces coordonnées sont en accord avec le document 3.

5-Conclure : au cours d'un mouvement circulaire uniforme,

5-a) les caractéristiques du vecteur vitesse (norme, direction et sens) sont-elles inchangées tout au long du mouvement ?

5-b) le vecteur vitesse $\vec{v}$ est-il constant ?
5-c) le vecteur accélération $\vec{a}$ peut-il être nul ?
5-d) dans quel type de mouvement uniquement le vecteur accélération $\vec{a}$ est-il toujours nul ?

- Annexe -